Received August 1, 1766.

XXXIV. *A Letter from Mr.* Wargentin, *F. R. S. and Secretary of the Royal Academy of Sciences at* Stockholm, *to the Rev. Mr.* Maſkelyne, *M. A. F. R. S. and Aſtronomer Royal at* Greenwich, *containing an Eſſay of a new Method of determining the Longitude of Places, from Obſervations of the Eclipſes of* Jupiter's *Satellites.*

Vir reverende atque celeberrime,

Read June 19, 1766.

ANTE triennium fere, dominus Ellicott tuo nomine ad me miſit exemplar libri a te editi, *The Britiſh Mariner's Guide*, pro quo gratiſſimo munuſculo maximas tibi ago gratias, debitaſque ſtatim perſolvere voluiſſem, niſi eodem tempore indicaſſet Ellicottus noſter, te tunc eſſe abſentem, occepto videlicet longo in inſulam Barbadoes itinere. Benigne excuſes precor, quod jam demum officii memor, tibi gratuler felicem reditum, & munus aſtronomi regii nuper in te collatum, quo ut diu, in aſtronomiæ incrementum, fungaris, opto, & ut illuſtriſſimorum prædeceſſorum tuorum æmulus, parem acquiras gloriam.

Dictus liber fuit mihi duplici nomine acceptiſſimus, & argumenti pertractati elegantiâ, & ut amicitiæ ſponte

ſponte mihi a te oblatæ teſſera. Non honori tantum ſingulari, ſed et certiſſimo uſui mihi erit commercium litterarium cum primarii obſervatorii aſtronomo. Dabo operam, ut non prorſus indignus tuo favore videar.

Ne vacuæ ad te veniant primæ litteræ meæ, diſſertatiunculam aſtronomici argumenti inſeram, cum obſervationes alicujus momenti, quas tibi communicem, jam non habeam.

Quamvis non dubitem, quin jam diu determinaveris longitudinem geographicam inſulæ Barbatorum, ope obſervationum ibi a te habitarum, quæ extant in noviſſimo Tranſactionum Philoſophicarum tomo; non tamen ingratum tibi futurum ſperaverim meum videre tentamen in ea re, quod ſimul eſt ſpecimen methodi, quâ, nullibi quidem antea diſtincte explicatâ, per plures annos uſus ſum, quando ex obſervationibus ſatellitum Jovis, in aliquo diſſito loco inſtitutis, ejus loci longitudinem elicere conatus ſum.

Conſueta & diu uſitata methodus eſt, ut conferantur obſervationes habitæ in loco, cujus longitudo quæritur, cum obſervationibus inſtitutis eodem tempore in obſervatorio quodam vel alio loco, quo longitudo determinatur. Si quæ inter illas occurrunt immediate correſpondentes, ita ut eædem immerſiones vel emerſiones Satellitis cujuſdam, præcipue primi utrinque, notatæ ſint, quodvis par correſpondentium ſuppeditat differentiam quandam meridianorum; & ſi hoc modo inventæ plures differentiæ aliquantulum inter ſe diſcrepant, media inter omnes ſumta pro verâ vel veræ proximâ haberi ſolet. Satis bene ſuccedit hæc methodus, quando plurimæ ſuppetunt obſervationes correſpondentes tam immerſionum quam emerſionum

primi,

primi, habitæ tubis vel telescopiis fere æqualis utrinque potentiæ. Et si sequamur regulas, quas huic negotio præscripsit celeberrimus astronomus Cæsareus Vindebonensis, pater S. J. Maximilianus Hell, in ephemeridibus suis astronomicis ad annum 1765, quæsitam meridianorum differentiam acû fere, quod aiunt, tangere licet, ne obstante quidem instrumentorum discrepantiâ & observatorum inæquali perspicaciâ. Laborat tamen illa methodus imperfectione quadam. Plerumque multæ in loco determinando factæ observationes nullam nactæ sunt in alio loco correspondentem; tum vero omnes illæ nullius fere in geographiâ sunt usus & quasi perditæ, quamvis fortassis per se sint præstantissimæ. Quid? si una tantum alterave, vel nulla prorsus reperiatur correspondens? contingit autem hoc sæpissime, imprimis si locus, cujus longitudo quæritur, longe remotus est versus orientem vel occidentem ab Europâ, astronomiæ sede. Sic parti longe maximæ observationum Pekinensium deficiunt correspondentes Europeæ. Hujus quoque rei exemplo esse possunt tuæ, in insula Barbatorum versus finem anni 1763, & initio 1764 habitæ: nam inter 17 a te observatas eclipses primi satellitis, non nisi duæ, quantum quidem mihi constat, correspondentes habuerunt.

Ad supplendum correspondentium defectum, astronomi duplici incedere consueverunt viâ. Alii quærunt, anne aliqua eclipsium satellitis proximæ præcedentium, vel sequentium in observatorio quodam notata sit, quâ inventâ, & addito vel subtracto revolutionum intercedentium noto numero, invenire satagunt verum tempus, quo contingere debuisset in eodem observatorio eclipsis desiderata correspondens.

Sed aleæ plena est hæc methodus, revolutiones enim satellitis inæquales sunt, ut vix duæ vicinæ perfecte conveniant. Inæqualitates plerasque eruere docet quidem theoria, sed operosus labor est & lapsui obnoxius. Nonnunquam deficiunt observationes etiam hoc modo, mediate scilicet, correspondentes, vel nimis longe sunt remotæ a tempore desiderato, vel si quæ occurrit propinquior, una pluribus non sufficit. Sic toto mense Decembri, quo tu in dictâ insulâ septem observasti emersiones primi satellitis, unica tantum, quod sciam, in Europâ videri contigit. Si unica ista minus bona fuisset, & tamen omnes tuas ad illam exigere oporteret, anne in erroneam induceret meridianorum differentiam, tuis quantumvis per se optimis?

Melior sane est altera ratio supplendi defectum correspondentium, ope calculi ad datum meridianum facti, & addito vel subtracto tabularum errore, correcti, quem errorem aliæ observationes, eodem mense vel proximis habitæ, prodiderunt: nam hoc modo omnes observationes, in loco determinando institutæ, pro ratâ parte contribuunt ad indagandam longitudinem. Certitudo hujus methodi, quam ego potissimum expoliendam reor, ab eo pendet, ut pro quovis momento rite corrigatur error, cui tabulæ, etiam optimæ, sunt obnoxiæ. Facile hoc fieret, si error iisdem annis vel saltem mensibus constans esset. Sed experientia docuit, observationes, circa idem tempus factas, quamvis ipsis observatoribus fere æqualiter bonæ sint visæ, inæqualiter tamen a calculo recedere; immo eandem immersionem, vel emersionem, a diversis astronomis notatam, sæpe multis secundis quin & integro minuto differentem dare calculi errorem, non totum tabulis vitio vertendum; sed quâ partem

ipsis observationibus. In hoc casu, valde frequenti, arduum est invenire verum tabularum errorem, nam, insciis observatoribus etiam exercitatissimis, sæpissime irrepunt defectus, ut pro certis venditent observationes vitii non expertes. Si itaque, ut plerumque fit, una tantum alterave seligatur observatio pro inveniendo tabularum errore, facile in devia itur.

Hisce rationibus persuasus, necessarium omnino duco examinare ipsas observationes, antequam adhibeantur determinandæ per quamcunque methodum longitudini. Fieri id potest modo sequenti.

Omnes, quæ suppetunt, observationes ejusdem satellitis, præcipue primi, habitas circa idem tempus, tam in loco determinando quam in observatoriis satis antea determinatis, dispono, secundum temporis seriem, in tabulam. Differentiam meridianorum quæsitam tantisper assumo, quantam vel observationes, si quæ adsunt, immediatè correspondentes offerunt, vel calculus non correctus unius observationis requirere videtur. Deinde ad tabularum amussin exigo omnes observationes, & inventum calculi errorem juxta quamvis annoto. Quo facto, & attentè examinatâ errorum serie, satis patet, 1°, quænam inter observationes in locis determinatis habitas reliquis sint meliores & fide dignissimæ: 2°, quis eo tempore medius sit tabularum error; & denique, 3°, an quæsita meridianorum differentia major vel minor sit, quam quæ in calculo assumta erat, quantumque vel augenda vel minuenda erit, ut quam proxime pares prodeant calculi errores.

Quod ad primum attinet, verisimillimum utique puto, immersiones, quæ plerisque aliis multo citius, & emersiones quæ serius visæ sunt, inter minus certas esse

esse referendas, etiamsi bonas crediderint ipsi observatores: nam theoria satellitum Jovis, imprimis duorum inferiorum, hoc tempore adeo exculta est, ut vix dubitare liceat, quin omnes ejusdem anni vel saltem mensis immersiones fere æqualiter a calculo recederent, si observationes æquali gauderent certitudine. Idem de emersionibus seorsim dicendum. Ideoque variationes &c, ut ita dicam, saltus errorum, inæquali observationum bonitati videntur tribuendæ. His aliisque circumstantiis, præsertim observatorum de quavis observatione annotationibus bene pensitatis, sat in propatulo erit verus vel medius tabularum eo tempore error. Si observationes in loco determinando habitæ pariter fere a tabulis discrepant, indicio est, assumtam tantisper meridianorum differentiam esse veram: sin minus, quantum augenda, vel minuenda sit. Si immersiones majorem minoremve poscere videntur meridianorum differentiam, quam emersiones, id inæquali tuborum potentiæ adscribendum, & media inter utrasque meridianorum differentia tanto certius pro verâ haberi potest, quanto plures utrinque observationes eam confirment.

Sit exempli loco determinanda longitudo insulæ Barbatorum, ope 17 observationum primi satellitis ibi a te habitarum, mensibus Novembri et Decembri 1763, Januario et Februario anni 1764. Reperio alias 21 observationes iisdem mensibus factas in Europâ; in locis probe determinatis, quarum duæ tantum tuis sunt correspondentes, quæ per medium dant differentiam 5 horarum, 10 minutorum, & 14 secundorum, inter meridianum observatorii Stockholmensis tuique loci. Scire lubet, an illa reliquis quoque observationibus congruat. Omnes itaque horum mensium observationes, additis ultimis in Octobri 1763, & primis in Martio 1764, in justum ordinem redigo, &

verum tempus ſecundum tabulas computo, quo quivis in ſuo meridiano contingere debuiſſet.

Peracto calculo, apparet, immerſiones Europæas alias paucis ſecundis ſerius, alias citius obſervatas fuiſſe, quam per tabulas oportuerat. Illas meliores jure puto, has, præcipuè quæ maxime diſcedunt, inter dubias refero. Per medium, immerſiones omnes calculo quam proxime convenire debuiſſe videntur. At inter 15 in Europâ obſervatas emerſiones, pleræque calculum aliquot, ubi maxime, 31 ſecundis præverterunt, exceptis tribus Tyrnavenſibus, quæ computatis momentis ſerius viſæ, ideoque vitio non carere cenſendæ ſunt. Media bonarum emerſionum præceſſio fuit 20 ſecundorum circiter.

Conſiderato ulterius tuarum obſervationum calculo, vidi eas fere omnes, poſitâ differentiâ meridianorum $5^h\ 10'\ 14''$, multo magis prævertere computum, quam Europæ, ſed fere æqualiter a tabulis diſceſſuras, ſi differentiam meridianorum 22 ſecundis auxerim. Eam itaque $5^h\ 10'\ 36''$, quam proxime æqualem autumo; cujus rei ut fidem tibi faciam, heic ſubjungo omnes obſervationes, cum correcto tuarum calculo.

Pariſienſes habitæ ſunt teleſcopio Gregoriano, diametros objectorum 104es augente, à Domino Meſſier, in Obſervatorio Societatis Maritimæ, quod duobus temporis ſecundis orientalius eſt obſervatorio regio.

Viennenſes, à Rev. Patre Hell, S. J. teleſcopio $4\frac{1}{2}$ pedum, in obſervatorio Cæſareo, cujus à Pariſienſi longitudo præciſe eſt ſtabilita $56'\ 11''$.

Tyrnavenſes a R. P. Weiſs, S. J. teleſcopio 4 pedum Newtoniano. Differentia meridiani Tyrnaviæ à Pariſienſi obſervatorio eſt $1^h\ 1'\ 56''$ ſatis certa.

Meæ habitæ ſunt tubo Dollondiano 10 pedum egregio. Diſtat autem obſervatorium Stockholmenſe à Pariſienſi $1^h\ 2'\ 51''$, & à Grenovicenſi $1^h\ 12'\ 7''$.

OBSER-

OBSERVATIONES COMPARATÆ PRIMI SAT. JOVIS.

Ann.	Menſ.	Tempus Obſervat. D.	h	′	″		Tem. comput. h	′	″	Error comp. ′	″		Locus Obſ. cum Annotationibus.
1763.	Oct.	23	13	32	21	Imm.	13	32	9	0	12	—	*Paris.* Serenum.
		23	14	27	50		14	28	18	0	28	+	*Vien.* Cœlo vaporoſo.
		25	8	56	26		8	56	56	0	30	+	*Vien.* Ser. ſed lunâ vicinâ.
		25	9	3	48		9	3	36	0	12	—	*Stockholm.* Bona viſa, cœlo ſer.
	Nov.	1	9	55	6		9	54	59	0	7	—	*Paris.* Serenum.
		6	18	21	14		18	21	10	0	4	—	*Tyrnav.* Cœlo ſereno.
		8	12	44	24		12	44	49	0	25	+	*Vien.* Cœlo vaporoſo.
		10	7	17	36		7	17	48	0	12	+	*Tyrnav.* Cœlo ſereno.
		13	15	5	38	Imm.	15	5	37	0	1	—	Inſula *Barbad.*
		15	14	37	34		14	37	44	0	10	+	*Vien.* Cœlo ſudo.
		17	8	9	39		8	9	47	0	8	+	*Paris.* Obſervatio bona.
		20	16	57	20		16	58	10	0	50	+	Inſ. *Barb.* Per tenues nubes.
		22	11	26	6		11	26	12	0	6	+	Inſ. *Barb.*
		22	16	34	10		16	34	53	0	43	+	*Tyrnav.* Serenum.
		24	10	2	13		10	2	0	0	13	—	*Paris.* Serenum.
	Dec.	1	7	46	0	Imm.	7	45	58	0	2	—	Inſ. *Barb.* Sat. contiguus Jovi.
		6	17	21	4	Em.	17	18	44	2	20	—	Inſ. *Barb.* Jupiter imminet horizonti.
		8	11	46	35		11	46	33	0	2	—	Inſ. *Barb.*
		10	11	24	45		11	24	56	0	11	+	*Stockholm.* Serenum.
		15	13	37	9		13	37	41	0	32	+	Inſ. *Barb.*
		17	8	5	46		8	5	27	0	19	—	Inſ. *Barb.* Aëre turbido.
		22	15	28	35		15	28	49	0	14	+	Inſ. *Barb.*
		24	9	56	20		9	56	33	0	13	+	Inſ. *Barb.*
1764.	Jan.	2	11	25	59		11	26	17	0	18	+	*Stockholm.* Cœlo ſereniſſimo.
		2	11	19	10		11	19	37	0	27	+	*Vien.*
		4	5	47	15		5	47	29	0	14	+	*Vien.*
		7	13	39	43		13	39	30	0	13	—	Inſ *Barb.* Aëre turbido.
		9	8	7	20		8	7	29	0	9	+	Inſ. *Barb.*
		16	9	59	38		9	59	52	0	14	+	Inſ. *Barb.*
		23	11	32	36		11	52	52	0	16	+	Inſ. *Barb.*
		25	6	20	51		6	21	15	0	24	+	Inſ. *Barb.* Optima.
		25	11	31	20		11	31	51	0	31	+	*Stockholm.* Certa.
	Febr.	8	10	9	19		10	9	50	0	31	+	Inſ. *Barb.*
		10	8	46	6		8	46	24	0	18	+	*Paris.* Bona.
		10	9	47	41		9	47	18	0	23	—	*Tyrnav.*
		17	10	41	48		10	41	51	0	3	+	*Paris.* Bona.
		17	11	43	6		11	42	45	0	21	—	*Tyrnav.*
		17	11	44	22		11	44	40	0	18	+	*Stockholm.* Cœlo ſereno, ſed vehementiori vento.
		19	6	13	22		6	13	39	0	17	+	*Stockholm.* Certe jam aderat; forte jam ante cœperat.
		19	6	6	34		6	6	59	0	25	+	*Vien.*
		19	6	11	45		6	11	44	0	1	—	*Tyrnav.*
		24	8	30	42	Em.	8	30	13	0	29	—	Inſ. *Barb.*
	Mart.	4	10	4	51		10	4	53	0	2	+	*Tyrnav.*
		4	10	6	41		10	6	48	0	7	+	*Stockholm.* Aurora Borealis circa Jovem.
		13	6	26	48		6	26	34	0	14	—	*Vien.*
		13	6	31	45		6	32	19	0	34	—	*Tyrnav.*

Jam ipsi tibi, vir celeberrime, relinquo dijudicandum, anne sensibiliter majorem vel minorem admittant hæ observationes meridianorum differentiam? Tuarumne idem fere inter se & cum tabulis consensus, atque est Europæarum? Videsne, quasi ictu oculi, quæ observationes erroris sunt suspectæ, quæ reliquis præferendæ? Quas ipse dubias notasti, calculus quoque arguit. Emersio die 6 Dec. omnium maxime, sine dubio, est vitiosa. Inæqualem tuborum potestatem etiam indicat errorum series: nam Weissius suo fere semper observavit immersiones citius, & emersiones tardius, quam reliqui. Tuum telescopium meo Dollondiano fere palmam præripere videtur. Si differentia meridianorum inventa non est exacte vera, eam potius aliquot secundis augendam quam minuendam puto, sed paucis.

Pari ratione differentiam meridianorum observatorii Grenovicensis & insulæ S. Helenæ inveni 23 minutis primis vix majorem, sed potius aliquot secundis minorem, nisi duæ ex emersionibus 15 ibi a te observatis sint prorsus rejiciendæ: immersiones enim solæ paulo majorem admitterent.

Persuasus sum, hanc methodum determinandi longitudines per observationes satellitum Jovis esse reliquis præferendam, quod evidentior & generalior sit, & præcipue quoniam simul indicat observationum majorem minoremve præstantiam. Sed satis de his.

Vale, vir æstumatissime, & fave,

Reverendi celeberrimique nominis tui,

Cultori sincero,

D.ib. Stockholmiæ, die Julii, 1766.

Petro Wargentin.